Home
Hof
de Beyer genealogy
Atommüll Endlagerung
CO2 ist nützlich
Baukunst im alte Ägypten
Events
Kontakt

Republik Freies Wendland

Hof Beyerinck

Wie die Pyramiden gebaut sein könnte und wie Granitsteine bearbeitet und transportiert wurde.

Voor een vertaling in het Nederlands moet u op de vlag drukken:

For a translation in English you must press the flag :



Wurden so die ägyptischen Pyramiden gebaut, so, so oder so??

Nach mehr als 300.000 Jahren Erfahrung mit Steinwerkzeugen, siehe hier ab 27:35, und Holzverarbeitung kannte die damaligen Menschen sich bestens aus mit Gesteinseigenschaften und Holzkonstruktionen.

Sie werden die Pyramiden mit so wenig wie möglich Aufwand und mit dem damals zur Verfügung stehende Mitteln gebaut haben. Hierzu gehörte auch eine gute Planung, nach dem Motto: Eine gute Planung ist die halbe Arbeit.

Die älteste überlieferte Baubeschreibung stammt von Herodot um 500 v. Chr.
Herodot: "***Zehn lange Jahre*** *dauerte es, bis das geplagte Volk die Strasse gebaut hatte, auf der sie die Steine zogen, und ihre Erbauung war eine Leistung nicht viel geringer als die Erbauung der Pyramide .... z**wanzig Jahre** dauerte es, die Pyramide selber zu bauen*" mit kleineren Steinen aus der direkten Umgebung.

Entscheidend für den Erfolg war die Vorarbeit. Bevor mit den Arbeiten an der Pyramide begonnen werden konnte, mussten sie große Granitsteine aus dem Felsen herausarbeiten und, über der Nil, zum Fundament der Pyramide transportieren. Ein Hafen und ein Weg vom Hafen nach oben bis auf das Fundament sollte hierzu gebaut werden.
Nachdem alle größere Granitsteine auf das Fundament gelegt waren, um von hieraus aufgebockt zu werden bis zu ihrer Einbaustelle, siehe unten, wurde der Nil und die Straße zur Pyramide benutzt, um die weiße äußeren Verkleidungssteine zu transportieren.



Gizeh der zentrale Hafen für drei Generationen Pyramiden, Cheops (2620 bis 2580 v. Chr.), Chephren (2558 bis 2532 v. Chr.) und Mykerinos (2532 bis 2503 v. Chr.).

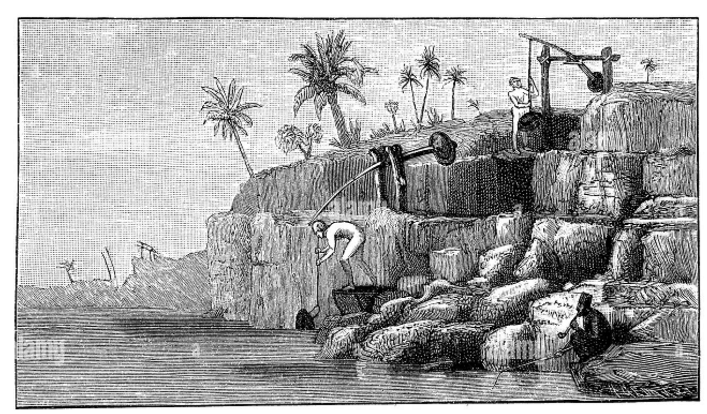
Herodot erwähnt, dass es Hebewerke waren, die die Steine nach oben beförderte.
"*Der Bau dieser Pyramide ging so vor sich: abgestuft wie Treppen, oder wie Absätze oder Altarstufen, wie man's auch nennen kann. Nachdem sie das Unterste gelegt hatten, hoben sie die weiteren Stein mit Hebewerken, die aus kurzen Balken gebaut waren, und so hoben sie die vom Boden auf den ersten Absatz der Stufenfolge. Und wenn ein Stein dann auf ihm war, wurde er auf ein weiteres Hebewerk gelegt, das auf der ersten Stufe stand, und von dieser Stufe wurde der Stein, mit dem weiteren Hebewerk, auf die zweite Stufe gehoben.* ***Denn soviel Stufen es waren, soviel Hebewerke waren es auch****; oder es war auch dasselbe Hebewerk, ein einziges nur und leicht zu transportieren, und das schafften sie von Stufe zu Stufe, nachdem sie den Stein von ihm weggenommen hatten. Denn ich will beide Arten angeben, so wie man es mir auch erzählt hat.*"

Da er als Quelle nicht der Bibliothek von Alexandria angibt, war zur damaligen Zeit keine bildliche oder schriftliche

Überlieferung mehr vorhanden. Hierdurch kann seine Aussage nach 2000 Jahren nicht mehr genau gewesen sein.

Die Hebelwirkung war 2500 v. Chr. bekannt und Holz konnte über der Nil einfach herangeschafft werden. Die Libanonzedern erreichten Abmessungen von bis zu 40 m Höhe und 4 m Durchmesser.

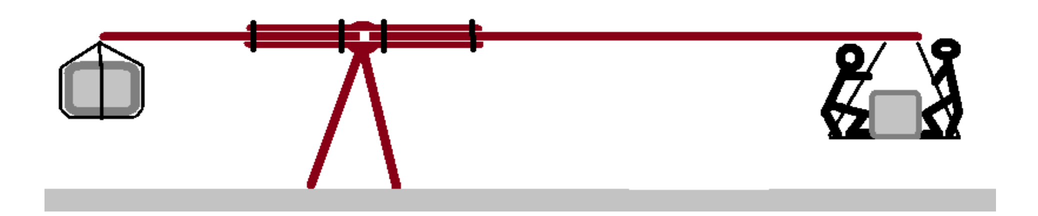
Als Vorlage für den Pyramidenbau diente möglicherweise die Bewässerung den Feldern und die Anhebung von größere Gewichten. Sie waren damals durchaus in der Lage um mit einem schweren Stein an einen kurzen Baum ein leichtes Gewicht an einen langen Baum über eine größere Strecke anzuheben (Wasser aus Brunnen zu heben). Oder man nutzte ein kleines Gewicht an einen langen Baum, um ein schweres Objekt an einen kurzen Baum ein wenig anzuheben (Stein und Holztransport).





Ein Schaduff besteht aus einer Stange, die auf einer Stütze ruht und an ihrem längeren Ende an einem Seil den zu füllenden Wasserbehälter trägt.

Kombiniert man diese beide Techniken, dann kann man damit eine Pyramide bauen.



Diese Hebel zu bedienen war leicht durch als Kontergewicht ein kleinerer Stein plus, in Abhängigkeit vom Gesteinsgewicht, mehr oder weniger Menschen zu nehmen.
Im Schnitt wiegt ein Stein ca. 2,5 Tonnen. Mittlere Hebehöhe über zwei Stufen war ca. 2 x 0.69 m.

Es gibt unendlich viele Möglichkeiten, die Steine mithilfe von Hebeln oder Winden mit Umlenkrollen nach oben zu transportieren, lesen Sie hier Kapitel 7.5.

Hierunter zwei Beispielen wie ich es, mit dem Wissen von damals, gemacht hätte.

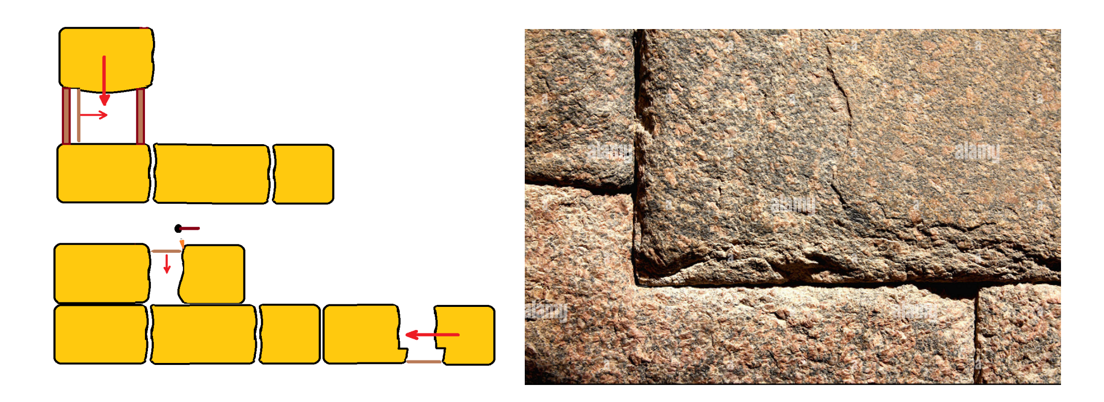
Gute Planung ist die halbe Arbeit.

Stellvertretend für alle überdimensionierte Teilen und wie sie nach ihr Einbauort angehoben wurden.

Die Bauleistung sinkt nicht bei größere Höhe.

Da der Sarkophag in der Königskammer nicht durch der Zugfahrweg passt, war er schon vor die Fertigstellung der Kammer an Ort und Stelle. Wahrscheinlich wurden zuerst die großen Stücke auf den Sockel gelegt. Dieses Material wurde mit dem Wachstum der Pyramide bis zum Erreichen der Einbauposition aufgebockt.

Um die einzelnen Steine passend genau zusammen zu fügen, reichte ein Stock und ein Hammer mit Meißel, um zwei gleiche Flächen herzustellen. Um die Unterseite von Steinen zu bearbeiten, waren 4 Holzstützen zum Aufbocken von genau die gleiche Länge wie der Stock erforderlich.



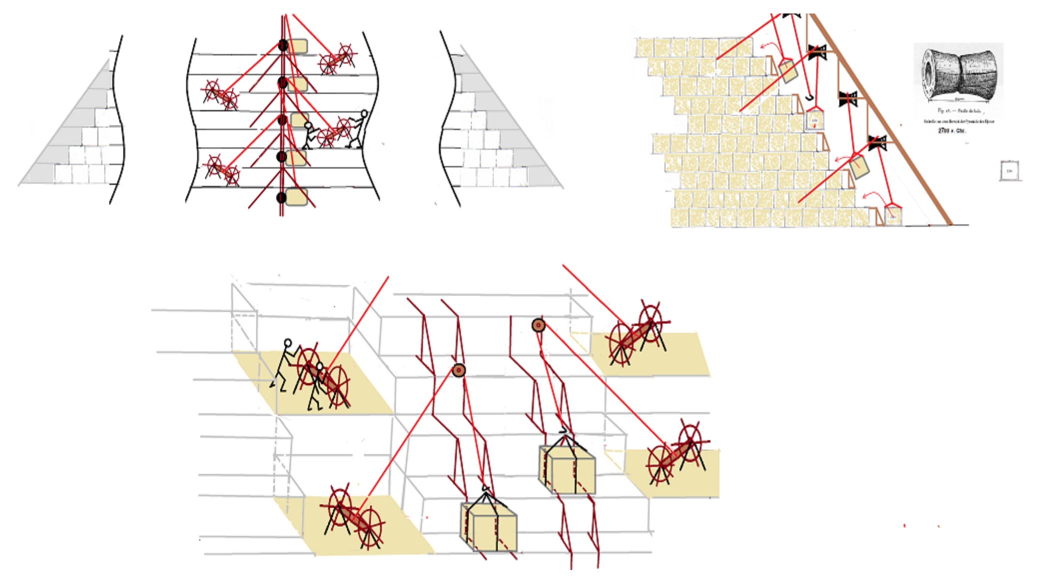
Das bis jetzt älteste Rad stammt aus 3.200 v. Chr und wurde in Slowenie gefunden. Gegen Ende des 4. Jahrtausends v. Chr. sind die ersten Hinweise auf die Verwendung von Rädern aus Osteuropa und dem Nahen Osten bekannt. Dort handelt es sich nicht um Funde von Originalrädern, sondern und Darstellungen von Wagen in Ton- oder auf Rollsiegeln. Das Rad wurde also um c.a. 3500 v. Chr. erfunden. Die Pyramiden von Gizeh wurde erst 1000 Jahren später gebaut, um ca. 2.500 v. Chr.

Der von Pferden gezogene Streitwagen im alten Orient wurde bereits vor Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. verwendet.

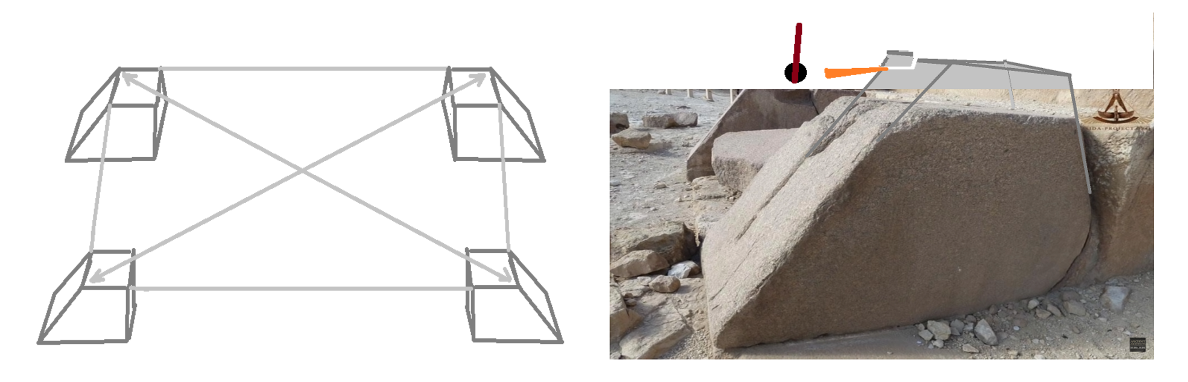


Sumerische, vierrädrige Pferdegespanne auf der Standarte von Ur (etwa 2850 bis 2350 v. Chr.)

Ein Flaschenzug kannte die Ägypter wohl noch nicht, aber dass sie 1000 Jahren nach der Erfindung des Rads keine Umlenkrolle oder Winde (siehe unten) kannte, ist unwahrscheinlich. Seilrollen wurde bei der Pyramide von Djoser aus 2700 v.Chr. gefunden.



Eine Verdopplung der Leistung mit auf jeder Stufe eine Winde.

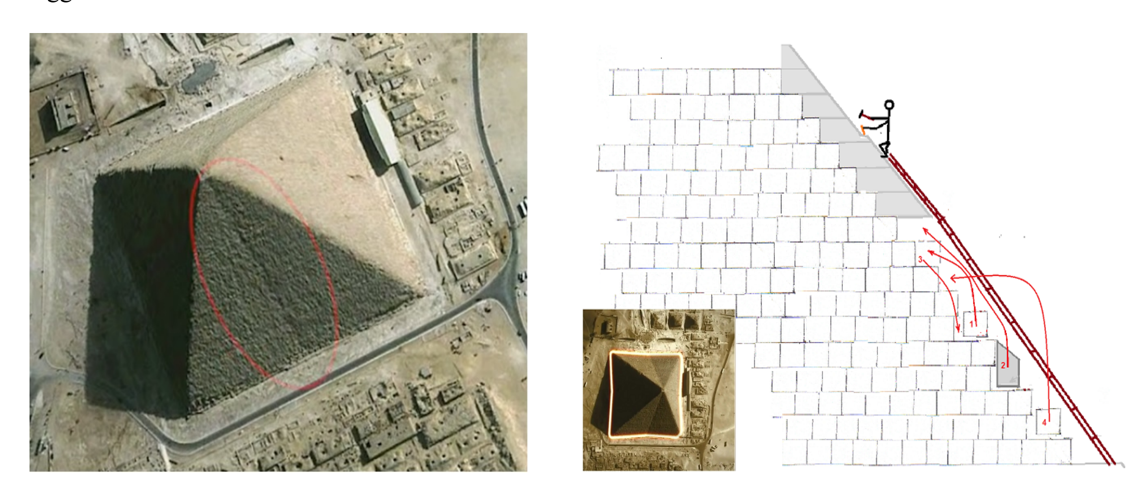


Sobald eine neue Ebene angefangen wurde, wurde zuerst die vier Ecksteine der Außenverkleidung positioniert und exakt auf gleicher Höhe ausgerichtet. Danach folgte die Positionierung und Anpassung der Außenverkleidungssteine an den Seitenwänden, mit Ausnahme der Platz für die Hebewerkzeuge. Hiernach erst folgte die Auffüllung der Ebene mit Gesteinsblöcken und gesteinsbearbeitungs Abfall.

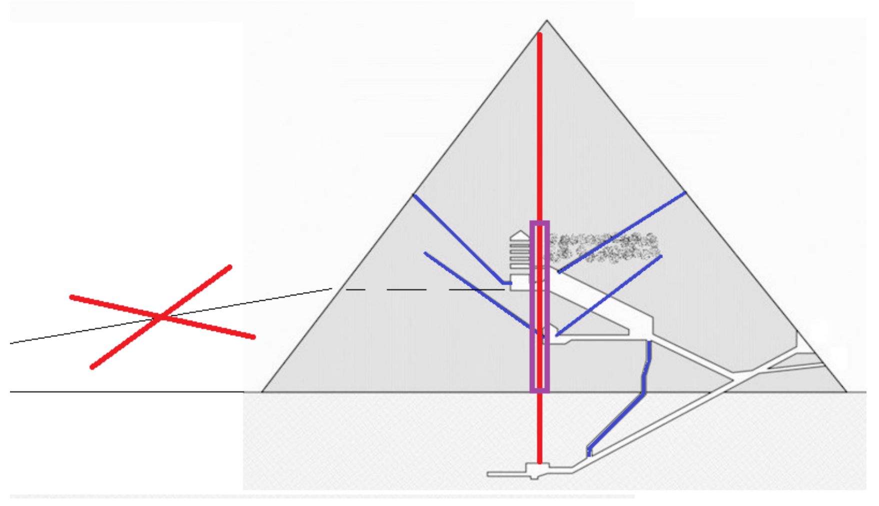
Den Steinen der Außenverkleidung aus weißen Kalkstein wurde in der Steingrube schon grob vorgeformt, wobei nur der Oberkante überdimensioniert war. Hierdurch hatten die Bauer Anpassungsmöglichkeiten bei der Positionierung der Steine.

Für die Platzierung der höchste Steinen und des Pyramidion (die Spitze), war ein Holzgerüst erforderlich. Die letzten Steine wurde unter der angehobene Spitze geschoben.

Die für die Hebewerkzeuge benötigte Platz wurde, nach Beendigung der Arbeit, aufgefüllt.
Diese Arbeit hat Spuren hinterlassen. An jede der 4 sichtbaren Seiten ist hierdurch einen leichten Knick an dieser Stelle entstanden. Die genau vermessener Außenverkleidung aus weißem Kalkstein dürfte dieses minimales Missgeschick weggemacht haben.



Für die Standorte der Hebegeräte folgten die Verfüllarbeiten mit Steine und Fassadenteilen von oben nach unten. Das Schöne daran war, dass durch das Hebezeug die Steine ein Stockwerk über ihrem Standort platzieren und eingebaut werden konnte.
Um die Pyramide Oberfläche zu glätten, wurde ein Holzgerüst gebaut. Herodot schrieb; "*die Steine wurden erst im Nachhinein geglättet*".



Nur der Cheops-Pyramide hat Hohlräume oberhalb das Fundament.

Die blau eingefärbte Hohlräume diente wahrscheinlich auch die Bewetterung für die Arbeiten im Innere der Pyramide. Sie sind nicht speziell hierfür gebaut worden, weil ein "Kamin", hier im Rot dargestellt, effizienter ist und viel einfacher zu bauen wäre. Hierzu brauchte man nur auf jeder Ebene ein Stein fehlen zu lassen.

Die höchste Stelle der Größe Galerie liegt weit unterhalb der obersten schweren Steine der Dachkonstruktion. Deshalb diente die Galerie wohl nicht, als Schwerlastenaufzug, um große Steine über eine außen Rampe hochzuziehen. Hätte man das gebraucht, dann wäre eine Erweiterung des Kamins zu ein Schacht (in Lila dargestellt) viel effizienter, stabiler und viel einfacher zu bauen. Nach getaner Arbeit hätte sie ihn einfach mit gesteins Müll zugeschüttet.

Wie damals mit Doleritsteinen (Härte 8) ein Granitstein (Härte 7) bearbeitet worden ist.

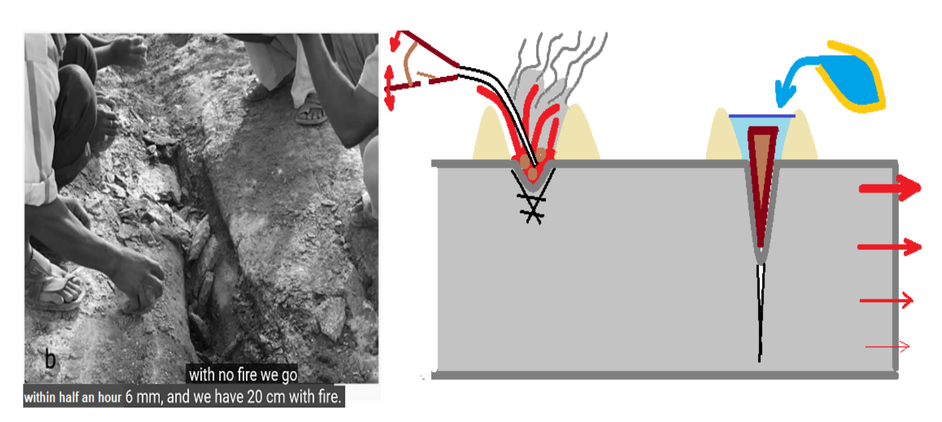
Unvollendeter Obelisk von Assuan

Ein gutes Studienobjekt hierzu ist der unvollendete Obelisk von Assuan. Er wurde wahrscheinlich von Thutmosis III c.a. 1450 v. Chr. in Auftrag gegeben.



The UNFINISHED OBELISK of Ancient Egypt

Die Abmessungen der Scoop-marks.



In viele Steinbrüche fand man Holzkohlen, Asche und gebrannter Lehm in Spalten unter der Arbeitsplatz. Mit Feuer und Lehm kann man Gestein gezielt schwächen und anschließend durch Schlägen mit Doleritsteinen zermürben. Sie werden dieser Technik eingesetzt haben für die groben Arbeiten. Zusammen mit Holzkeilen spalten sie damit Steine und entfernen so auch störenden Granit, dass der Transportweg blockiere, siehe unten.
Dieser Technik funktioniert nur, wenn das Gestein ausweichen kann. Also parallel zu einer offenen Fläche. Mit dieser Technik sind kein Graben um den Obelisken und keine Bohrlöcher von 6 Meter tiefe herzustellen. Sie erklärt auch nicht die "scoop marks".

Hierzu wurde Doleritsteinen benutzt.

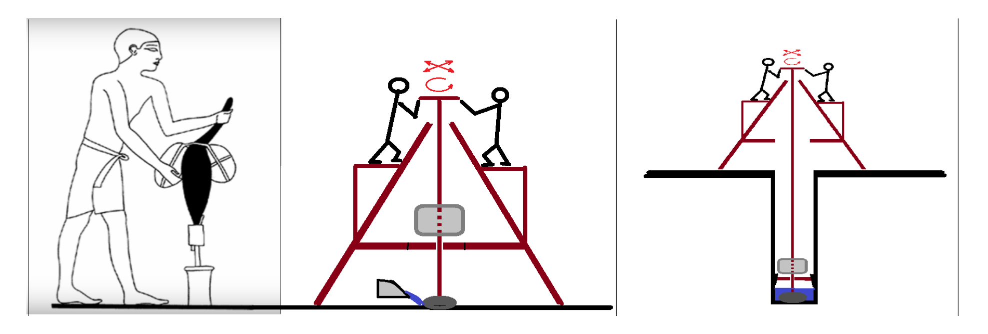


Neben mit Doleritsteinen hätte es noch besser funktioniert mit Corundite (Härte 9), auch metamorphen Ursprungs und geformt in aufsteigendes Magma. Durch diese Einbettung im Magmagestein sind sie ideal als Schleifsteinen zu verwenden.

Ein Mensch kann mit seinen Händen nicht ausreichend Druck auf ein Doleritstein ausüben, um hiermit eine nennenswerte Menge Granit zu entfernen, es reicht nur für Schleifarbeiten.

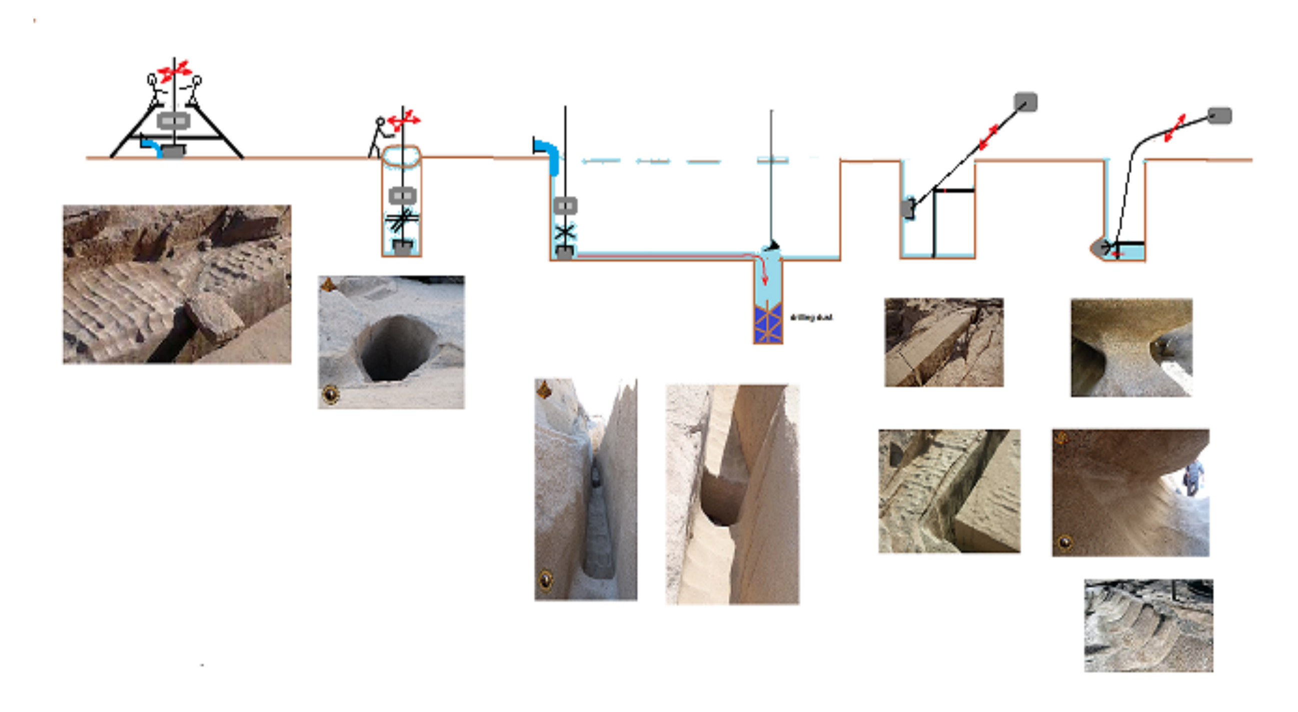
Durch die Hebelwirkung und Kontra Gewichten zu benützen, war der für Bohrarbeit erforderliche Druck leicht zu erreichen. Der Basis für dieser Technik war schon vorhanden.



Die "scoop marks" verraten, mit wie viel Bewegung und in welche Richtung mit Doloritsteinen gebohrt worden ist.

Die ersten Löcher diente die Erkundung der Granitqualität und wurde später genutzt als Bohrmehl sammel Löcher. Der Durchmesser liegt im Regelfall bei 90 cm, die Tiefe bei 6 Metern.

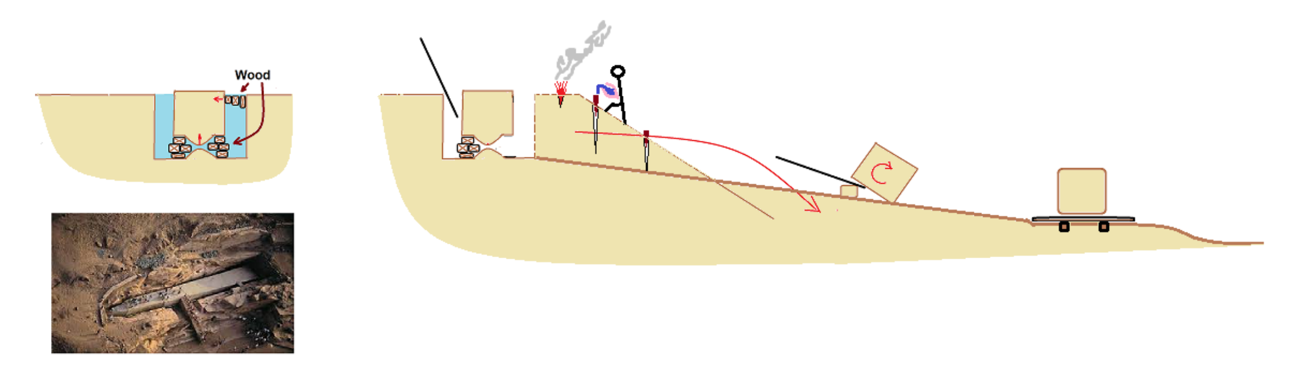
unfinished obelisk scoop marks



Spülwasser erhöhte die Bohrleistung. Das Bohrmehl wurde mit Wasser abtransportiert und in Löcher gesammelt. Das Bohrmehl wurde mit einem "Jaucheschöpfer" aus die Sammellöcher entfernt. Das Wasser wurde vom Schlamm gereinigt

und wiederverwendet.

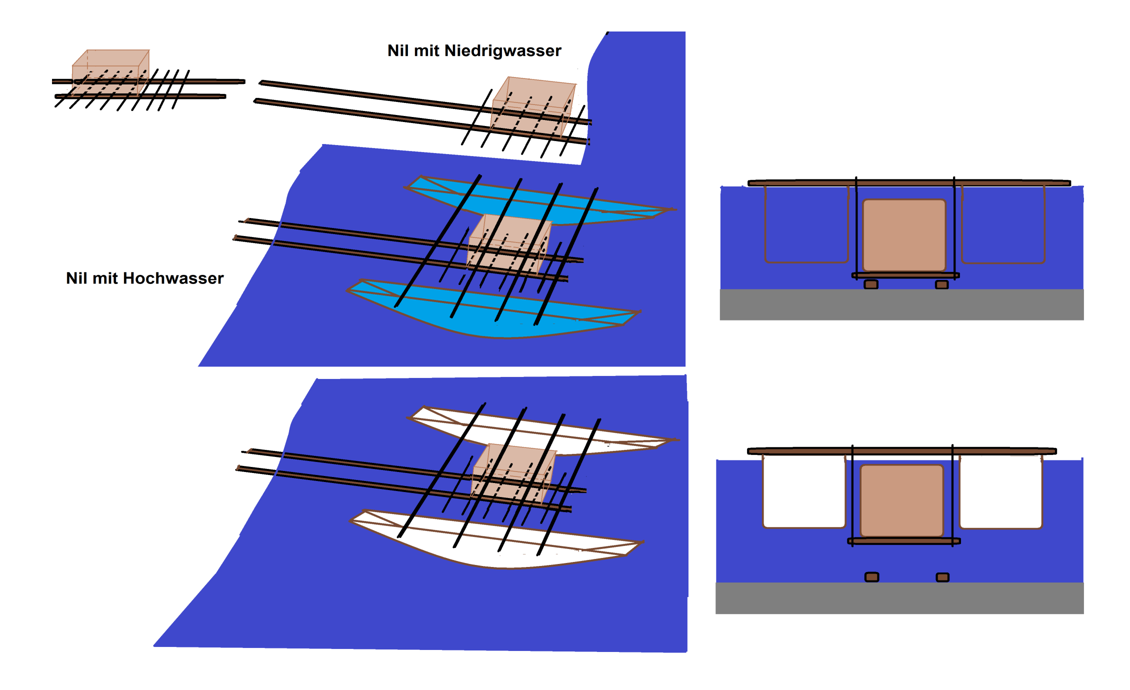
Mit trockenem Holz wurde der Obelisk verspannt. Hiernach wurde die Grube geflutet. Das sich aufquellende Holz hat der Obelisk aus seiner Verankerung befreit.



Wie Granitsteinen transportiert worden sind.

Die großen Steine waren zu schwer, um sie auf Rädern zu transportieren. Rollen auf Schienen waren viel stabiler.

Bei niedriges Wasser sind die Steine zum Hafen transportiert worden, bei Hochwasser sind die Steine abtransportiert.



Schwere Steine wiegen unter Wasser nur halb so viel. Außerdem wird die Stabilität der Boote (Kähne, Floss) durch einen sehr niedrigen Schwerpunkt erhöht. Der Auftrieb des Bootes wurde durch das Abwerfen von Ballast oder das Entfernen des Wassers aus dem Boot erreicht.

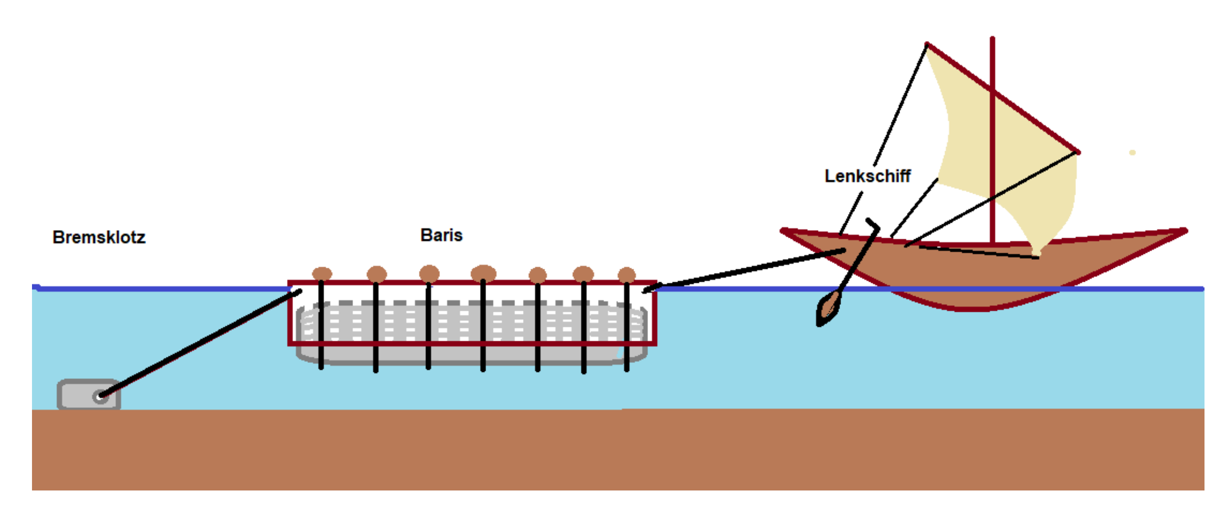

Hier ist ein Beispiel für einen hölzernen Bootsbau aus dem Grab von Ti, 2400 v. Chr.

Mehrere Steine hintereinander auf die Schiene und mehrere Schienen nebeneinander erhöhte die Transportkapazität.



Durch die Boote als Pontons zu bauen, kann jedes denkbare Gewicht unter Wasser gehoben und transportiert werden.

Herodot: *Diese Kähne können nicht stromaufwärts fahren ... sondern werden vom Land aus gezogen, stromab aber geht die Fahrt so vor sich: Es ist ein Floss aus Tamarisken vorhanden, mit einer Schilfmatte zusammengefasst und dann ein durchbohrter Stein, etwa zwei Talente schwer. Nun lässt man das Floss, das vorn am **Schiff** mit einem Tau festgebunden ist, ins Wasser und dahintreiben, und den **Stein**, auch an einem Tau, hinten. Das Floss wird nun von der Strömung erfasst und geht rasch dahin und zieht die **Baris** - das ist nämlich der Name dieser Kähne-, der Stein aber, der hinten nachschleppt und tief unten ist, hält den Kahn in der richtigen Stellung. Von diesen Fahrzeugen haben sie sehr viele, und **einige können viele tausend Talente Last tragen.***"



Ein Entladehafen wurde so nah wie möglich an die Pyramiden gebaut. Herodot: "*er leitete einen künstlichen Nilarm herzu.*"



Der Nil bei hohem Wasserstand im Jahr 1878.

Wie die alte Ägypter Graniet bearbeitet haben könnte.



Evidence for Ancient High Technology?

Die schwierigsten Aufgaben bei der Gesteinsbearbeitung war die dreiflächige innere Ecke in einem Granitsarkophag (Trihedral inner corner in a granite sarcophagus) und die Anfertigung von Gesteinsgefäße (Making a stone vase with primitive tools).

In das Gestein wurde gesägt und gebohrt. Aus Bohrmehlresten in alte Bohrlöcher wissen wir, dass sie Kupfer und Dolerit nützten.

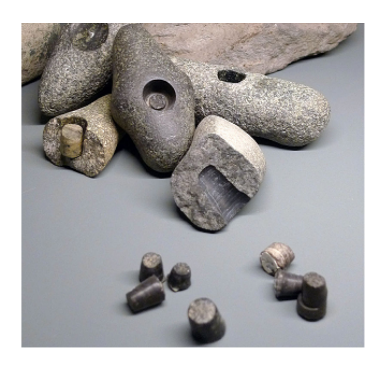




Herstellung ägyptischer Bohrlöcher. Altägyptische Granitsägetechnologie
Granite Cutting and Drilling

Bei größeren Steinen eine sehr mühsame und unproduktive Arbeit.

Was fehlt, ist die Umsetzung von einer leichten Bewegung in eine kraftvolle Bewegung (Tretmühle, Winde) sowie die Umsetzung von einer Drehbewegung in einer linearen Bewegung (Sägen) und umgekehrt von einer linearen Bewegung in eine Drehbewegung (Bohren). Ausserden ist einer Kernbohrung viel schneller zu erstellen als eine normale Vollbohrung, weil viel weniger Gestein zu zermahlen ist.
Auch hier war die Grundlage für diese Technik bereits vorhanden.

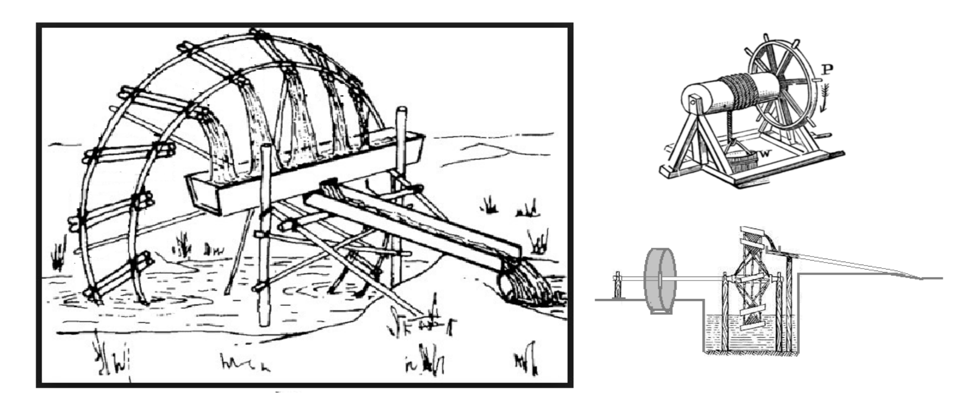


Steinäxte zeigen, wie Menschen in der Steinzeit irgendwie in Stein eine Kernbohrung machen konnten.

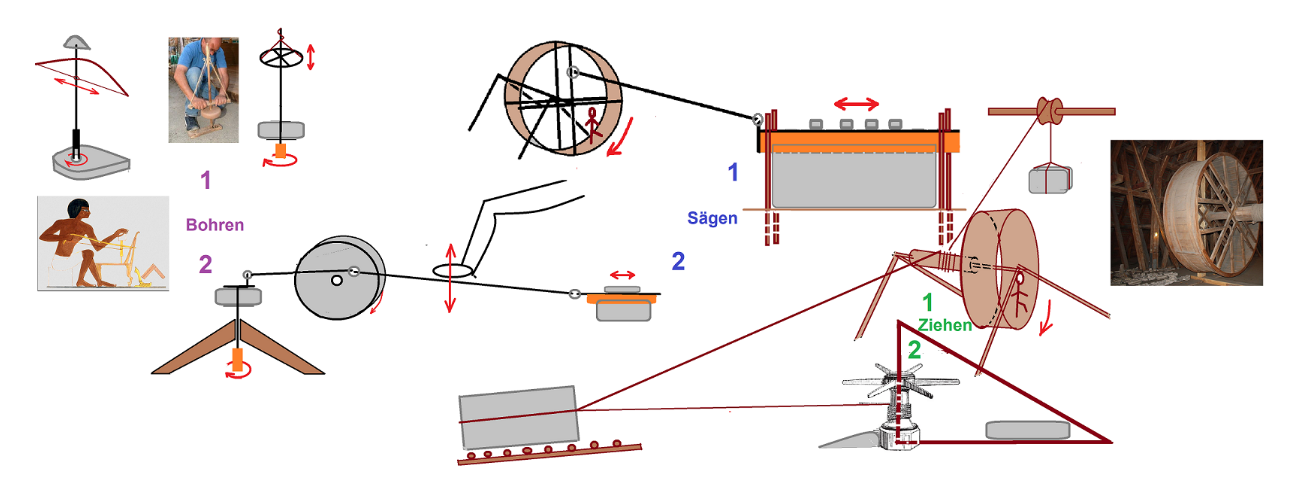


Im Ägypten kam die schnell drehende Töpferscheibe seit Anfang der Kupferzeit (5500 v. Chr) zur Anwendung. Mann kannte also die positiven Eigenschaften von einer drehenden Welle, die irgendetwas antreiben kann. Außerdem wusste sie von der Töpferei, dass wenig Kraft auf eine große Scheibe viel Kraft auf eine kleine Scheibe ausübt.

Wasserschöpfräder waren schon in der Antike bekannt. Die ältesten Zeugnisse und Texte stammen aus dem Fayyum-Becken in Ägypten und werden in die Zeit des 4. bis 2. Jahrhunderts v. Chr. datiert.

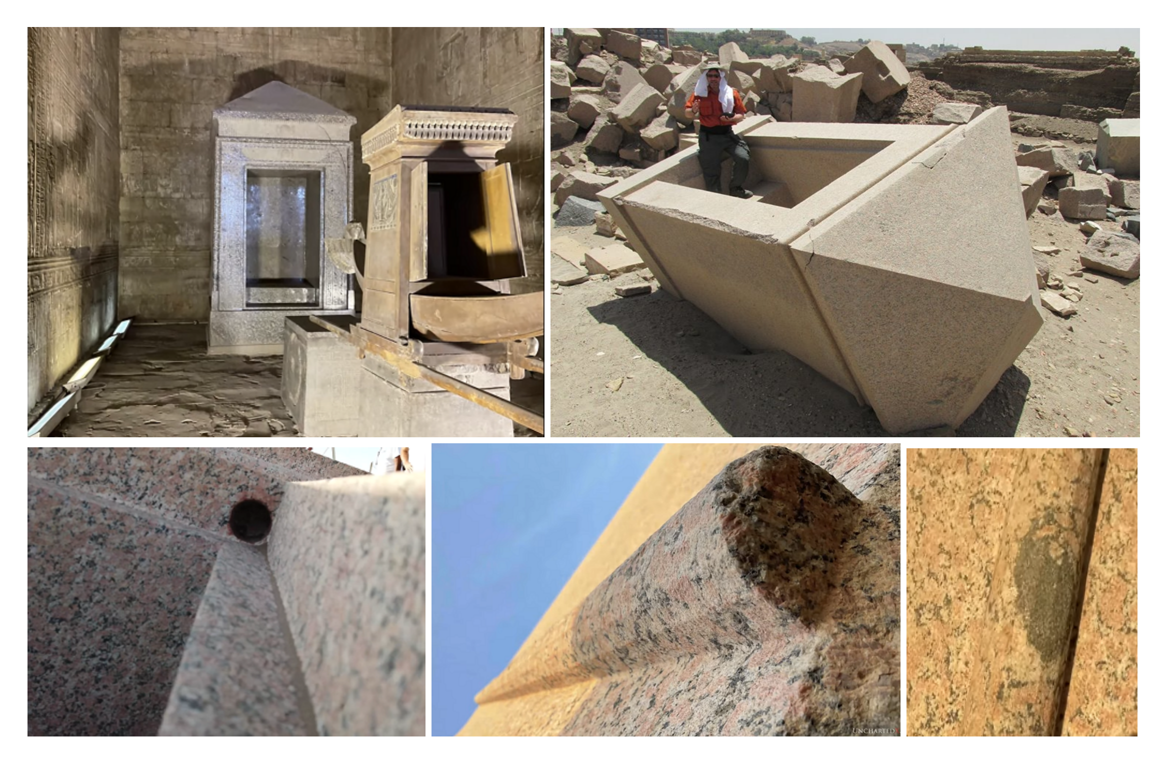


Der Schritt von hieraus zur energiesparenden Tretmühle oder Wellrad so wie die Umsetzung von einer Drehbewegung in einer linearen Bewegung, war leicht.

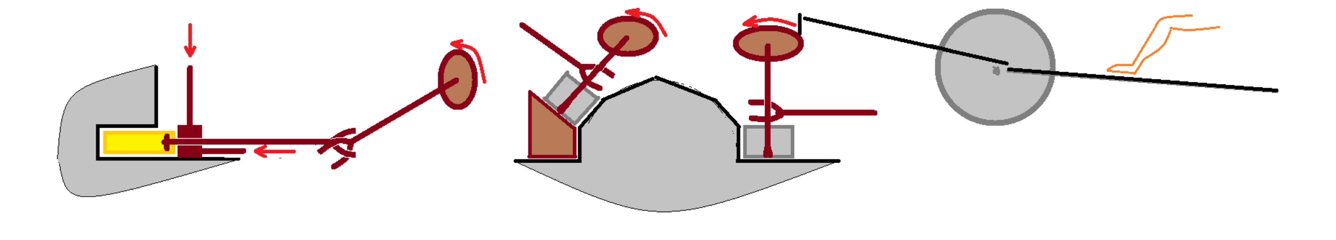


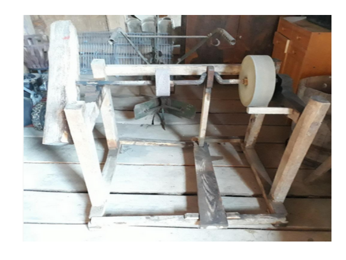
Gute Studienobjekte dafür sind wiederum unfertige Artefakte.

Der unvollendete Altar von Elephantine ab 6:30



Die Bohrungen für die Türscharniere sind in Ecken gebohrt und die Verzierleisten zeigen Spuren von langgezogene Schleifarbeiten die erst später rund poliert wurde.
Für beide Arbeiten brauchte es speziell Werkzeugen, die eine Kombination von oben dargestellte Techniken gewesen sein könnte.





Welche Technik die Ägypter angewendet haben weiß ich nicht, aber sie hatten die Kenntnis und Fähigkeit für all diese Möglichkeiten und werden deshalb einige davon auch benützt haben.

1.5.2022 Egbert de Beyer